


**EP1057897** [Biblio](#) [Desc](#) [Claims](#) [Page 1](#) [Drawing](#) 

### Apparatus and process for heat treating metallic material

Patent Number: ☐ [EP1057897, A3](#)

Publication date: 2000-12-06

Inventor(s): NINOMIYA SUSUMU (JP)

Applicant(s): TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO (JP)

Requested Patent: ☐ [JP2000345236](#)

Application Number: EP20000111688 20000531

Priority Number(s): JP19990156827 19990603

IPC Classification: C21D1/56; C22C45/00


EC Classification: C21D9/573, C21D1/56

Equivalents: ☐ [US6630038](#)

Cited Documents: [US3430680](#); [US3845805](#); [US3256119](#); [US2797177](#); [DE3505689](#); [JP58224120](#)

---

#### Abstract

A processing apparatus (100) forms a metallic material such as steel (1). The apparatus includes a heating tub (2), spray nozzles (5), a cooling tub (3), and a circulator (20). The heating tub (2) heats the steel (1) to equal to or higher than the modification point of the steel. The spray nozzles (5) cool the steel processed by the heating tub (2) to lower than the modification point, by contacting liquid metal sodium (4) onto the steel (1). The cooling tub (3) stores the liquid metal sodium (4), soaks the steel processed by the spray nozzles (5), and cools the steel (1). The circulator (20) circulates the liquid metal sodium (4) so that the liquid metal sodium (4) flows in the same direction as the steel (1) in the cooling tub (3). 

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-345236  
(P2000-345236A)

(43) 公開日 平成12年12月12日 (2000. 12. 12)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
C 2 1 D 1/00	1 2 0	C 2 1 D 1/00	1 2 0 4 K 0 3 4
			1/18 G
			1/56
C 2 2 C 1/00		C 2 2 C 1/00	A
// C 2 2 C 45/00		45/00	

審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平11-156827

(22) 出願日 平成11年6月3日 (1999. 6. 3)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 二 宮 進

神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株

式会社東芝横浜事業所内

(74) 代理人 100064285

弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

Fターム(参考) 4K034 AA02 AA19 BA03 BA04 CA05

DA06 DB02 DB03 FA01 FA02

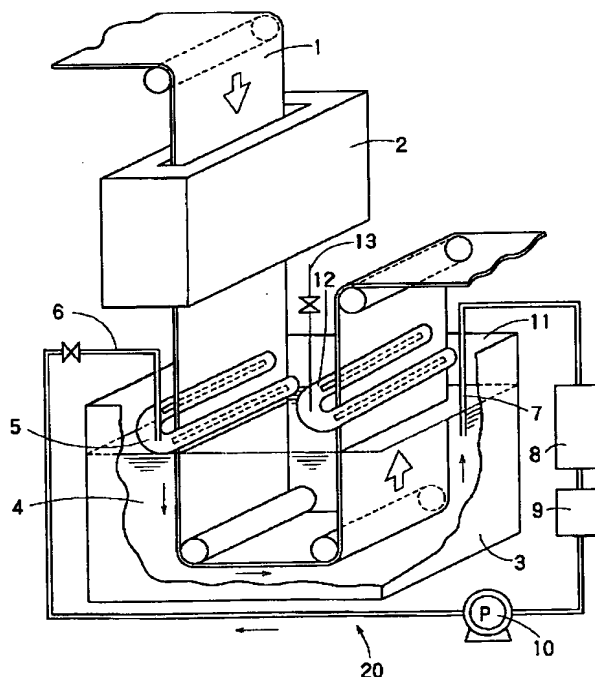
FA04 FB03 FB12

(54) 【発明の名称】 金属材料の処理方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】 金属材料の微細化或いはアモルファス化を図り得ると共に、公害防止及び費用低減をも図り得る金属材料の処理装置及び方法を提供する。

【解決手段】 固体状の金属材料1をその変態点よりも高い温度まで加熱する加熱工程と、加熱された金属材料1の表面に冷却用液体金属ナトリウム4を接触させて、金属材料1の表面に冷却用液体金属ナトリウム4の蒸気膜を形成させることなく、金属材料1の組織を微細化し得る程度の冷却速度にて、変態点よりも低い温度まで金属材料1を急速冷却する冷却工程と、を備える。



1

**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】固体状の金属材料をその変態点よりも高い温度まで加熱する加熱工程と、加熱された前記金属材料の表面に冷却用液体金属ナトリウムを接触させて、前記金属材料の表面に前記冷却用液体金属ナトリウムの蒸気膜を形成させることなく、前記金属材料の組織を微細化し得る程度の冷却速度にて、前記変態点よりも低い温度まで前記金属材料を急速冷却する冷却工程と、を備えたことを特徴とする金属材料の処理方法。

【請求項 2】前記加熱工程において、前記金属材料は 700℃以上の温度まで加熱されることを特徴とする請求項 1 記載の金属材料の処理方法。

【請求項 3】前記冷却工程において、加熱された前記金属材料の表面に前記冷却用液体金属ナトリウムが直接吹付けられることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の金属材料の処理方法。

【請求項 4】前記冷却工程において、加熱された前記金属材料が、冷却槽内で循環している前記冷却用液体金属ナトリウムの中に直接浸漬されることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の金属材料の処理方法。

【請求項 5】前記加熱工程において、前記変態点よりも高い温度の加熱用液体金属ナトリウムの中に前記金属材料が直接浸漬されて加熱されることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項に記載の金属材料の処理方法。

【請求項 6】前記金属材料を前記冷却用液体金属ナトリウムで冷却する直前及び直後の両方又は一方の時点において、圧延ローラにより前記金属材料を圧延加工することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項に記載の金属材料の処理方法。

【請求項 7】金属材料を加熱して熔融状態とし、熔融状態の前記金属材料を冷却用液体金属ナトリウムに接触させることにより、前記金属材料を急速冷却して凝固させ、これによりアモルファス状の金属材料を形成することを特徴とする金属材料の処理方法。

【請求項 8】熔融状態の前記金属材料と前記冷却用液体金属ナトリウムとの接触は、前記冷却用液体金属ナトリウムを貯えた容器の中に熔融状態の前記金属材料を連続的に流し込み、或いは連続的に供給される熔融状態の前記金属材料に対して前記冷却用液体金属ナトリウムを直接吹付けることにより行われ、これによりアモルファス状の金属材料を連続的に形成することを特徴とする請求項 7 記載の金属材料の処理方法。

【請求項 9】金属材料を加熱して熔融状態とし、回転する冷却ロール上に熔融状態の前記金属材料を付与して冷却し、凝固させる金属材料の処理方法において、前記冷却ロール上で凝固する前記金属材料の上面に冷却用液体金属ナトリウムを直接吹付けて急速冷却し、これによりアモルファス状の金属材料を連続的に形成することを特徴とする金属材料の処理方法。

2

【請求項 10】前記冷却ロールの表面と前記冷却ロール上で凝固する前記金属材料の下面との間にも冷却用液体金属ナトリウムを直接吹付けて前記金属材料をその両面から急速冷却することを特徴とする請求項 9 記載の金属材料の処理方法。

【請求項 11】熔融状態の前記金属材料が凝固した直後に、圧延加工して組織を微細化すると共に厚さや形状寸法を整える制御圧延を行うことを特徴とする請求項 7 乃至請求項 10 のいずれか一項に記載の金属材料の処理方法。

【請求項 12】連続的に供給される金属材料に対して加熱及び冷却処理を行う金属材料の処理装置において、前記金属材料をその変態点よりも高い温度まで加熱する金属材料加熱手段と、前記金属材料加熱手段により加熱された前記金属材料の表面に冷却用液体金属ナトリウムを吹付けて前記金属材料を急速冷却するナトリウム噴射手段と、前記ナトリウム噴射手段により急速冷却された後の前記金属材料を浸漬して冷却する冷却用液体金属ナトリウムを貯えた冷却槽と、前記冷却槽内の前記冷却用液体金属ナトリウムの中から引き出された前記金属材料の表面に不活性ガスを吹付けて前記金属材料の表面に付着している前記冷却用液体金属ナトリウムを除去する不活性ガス噴出手段と、前記冷却槽内の前記冷却用液体金属ナトリウムを循環させ且つ冷却するナトリウム循環冷却手段と、前記冷却用液体金属ナトリウムを大気から隔離する不活性ガス空間と、を備えたことを特徴とする金属材料の処理装置。

【請求項 13】前記金属材料加熱手段は、前記金属材料を 700℃以上に加熱することを特徴とする請求項 12 記載の金属材料の処理装置。

【請求項 14】前記ナトリウム循環冷却手段は、前記ナトリウム噴射手段から噴射されて前記冷却槽内に流下した前記冷却用液体金属ナトリウムが前記冷却槽内において前記金属材料の移動方向に沿って同方向に流れるようにすることを特徴とする請求項 12 又は請求項 13 に記載の金属材料の処理装置。

【請求項 15】前記ナトリウム循環冷却手段は、前記冷却槽内の前記冷却用液体金属ナトリウムの中から前記金属材料が引き出される位置の近傍から前記冷却用液体金属ナトリウムを前記冷却槽外に取り出し、冷却及び不純物除去を行った後、前記ナトリウム噴射手段に還流することを特徴とする請求項 14 記載の金属材料の処理装置。

【請求項 16】前記金属材料加熱手段は、前記変態点よりも高い温度の加熱用液体金属ナトリウムを貯えた加熱槽と、前記加熱槽内の前記液体金属ナトリウムを循環させ且つ加熱するナトリウム循環加熱手段と、を有し、前記加熱槽内の前記加熱用液体金属ナトリウムに前記金属材料を直接浸漬して加熱することを特徴とする請求項 12 乃至請求項 15 のいずれか一項に記載の金属材料の処

理装置。

【請求項 17】前記ナトリウム循環加熱手段は、前記加熱槽内の前記加熱用液体金属ナトリウムの中から前記金属材料が引き出される位置の近傍から前記加熱用液体金属ナトリウムを前記加熱槽外に取り出し、加熱及び不純物除去を行った後、前記金属材料が前記加熱槽内の前記加熱用液体金属ナトリウムの中に没する位置の近傍において前記加熱槽に還流することを特徴とする請求項 16 記載の金属材料の処理装置。

【請求項 18】連続的に供給される金属材料に対して熱間及び冷間での圧延を行う金属材料の処理装置において、前記金属材料の移動方向の上流側及び下流側にそれぞれ配置された上流側圧延ロール及び下流側圧延ロールと、前記上流側圧延ロールと前記下流側圧延ロールとの間に配置され、前記金属材料の表面に冷却用液体金属ナトリウムを吹付けて、前記金属材料をその変態点よりも高い温度から前記変態点よりも低い温度まで急速冷却するナトリウム噴射手段と、前記ナトリウム噴射手段により冷却された前記金属材料の表面に不活性ガスを吹付けて前記金属材料の表面に付着している前記冷却用液体金属ナトリウムを除去する不活性ガス噴出手段と、前記冷却用液体金属ナトリウムを大気から隔離する不活性ガス空間と、を備えたことを特徴とする金属材料の処理装置。

【請求項 19】前記ナトリウム噴射手段及び前記不活性ガス噴射手段を内包して大気空間から隔離する冷却容器をさらに有し、前記冷却容器内に前記金属材料を搬入するためのシールロール及び前記冷却容器内から前記金属材料を搬出するためのシールロールを前記冷却容器に設けたことを特徴とする請求項 18 記載の金属材料の処理装置。

【請求項 20】前記冷却容器の下部に溜まった前記冷却用液体金属ナトリウムを前記冷却容器外に取り出し、冷却及び不純物除去を行った後に前記ナトリウム噴射手段に還流するナトリウム循環冷却手段をさらに有することを特徴とする請求項 19 記載の金属材料の処理装置。

【請求項 21】溶融状態の金属材料を収容するルツボと、前記ルツボから流出した前記金属材料がその表面に付与される、回転する冷却ロールと、前記冷却ロール上で凝固する前記金属材料の上面に冷却用液体金属ナトリウムを直接吹付けて前記金属材料を急速冷却するナトリウム噴射手段と、前記冷却用液体金属ナトリウムを大気から隔離する不活性ガス空間と、を備えたことを特徴とする金属材料の処理装置。

【請求項 22】前記冷却ロールの表面と前記冷却ロール上で凝固する前記金属材料の下面との間に冷却用液体金属ナトリウムを直接吹付ける追加のナトリウム噴射手段を有することを特徴とする請求項 21 記載の金属材料の処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、金属材料の処理方法及び装置に係わり、特に、金属材料の組織の微細化或いはアモルファス化に適した金属材料の処理方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】先ず初めに鋼材や線材の冷却技術や圧延時の冷却技術に関して言えば、各種金属溶融炉から取り出された金属材料は、各種の用途に応じた強度や加工性などの性質・特性を有する材料にする為に、成分の調整と加熱冷却や圧延加工等が施される。

【0003】このうち加熱冷却は、加熱温度や冷却速度等の加熱冷却パターンによって、鋼材や線材の性質の基本となる結晶構造や結晶粒径およびその成分分布などが大きく変わる為、重要な工程である。その中でも特に金属材料の各種変態温度を通過する時の冷却速度は重要である。冷却速度が大きくなるほど結晶粒や組織が小さくなると言う関係が良く知られており、また結晶粒や組織が小さくなると強度や靱性が良くなる事も良く知られている。

【0004】次に、溶融金属の凝固技術に関しても、その冷却速度により結晶構造や結晶粒径が大きく変化し、特に急冷凝固するとアモルファス金属が得られるので、その冷却材の選定と冷却方法の選定は重要である。

【0005】従来、これらの冷却過程で用いる冷却材としては、ガス、蒸気、ミスト、水、蒸留水、油、溶融塩、鉛、錫等が使用され、高速のジェット状にして直接鋼材に吹付けたり、容器内にこれらの冷却材を溜め、金属材料を浸漬して冷却をしていた。

【0006】また、金属の冷却ロールに直接接触させて冷却する方法や液体金属ナトリウムを使用する冷却方法も提案されている。

【0007】しかし、冷却材として多量に使い、コストが低く、廃液処理も容易で、金属材料に触れる時の流速や温度、圧力調節が容易である点を考慮して、水や蒸留水、ミストなど水を基本とした冷却材が多く使用されている。

【0008】線材については、高強度が要求されるピアノ線等の伸線工程では、高温領域での急速冷却が可能な鉛を用いたパテンティングが多く使用されている。

【0009】また、アモルファス金属製造においては、単純な水冷却では冷却速度が小さいので、冷却ロールに直接溶融金属を接触させて冷却する方法がとられている。

【0010】また、加熱方法について言えば、ラジアンチューブ内でガスを燃焼させ、先ずラジアンチューブを加熱し、その輻射熱により鋼材を加熱したり、バッチ式の加熱炉を用いて加熱している。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、水を基

5

本とした従来の冷却材を用いた冷却方法では、熱伝達率の値が小さく、従って冷却速度も余り速く無く、結晶粒や組織も比較的大きく、強度や靱性の改善には余り寄与していないと言う課題がある。

【0012】個々には、ガス冷却は設備的には容易であるが、ガス自体の熱容量や冷却能力が低いと言う欠点がある。熔融塩は色々種類があるが熱伝導率が小さく、従って冷却速度も小さく、また700℃以上から300℃以下まで一種類の熔融塩で一気に冷却できるものが無く、かつ廃液として処理する場合には色々な化学物質を含んでいるので、公害防止の観点からも問題がある。

【0013】線材のパテンティング等で使用されている鉛や錫等の熔融金属も、その金属の融点以上で使用しなければならないので、300℃以下まで一気に冷却するのは難しく、自ずと冷却能力、冷却速度も制約される。

【0014】鉛について言えば、液体金属ナトリウムと比べ熱伝導率が小さく、従って除熱性能も小さく、急速冷却が難しい。また冷却後に線材表面に酸化物等のスケールが発生するので、スケール除去装置が必ず必要となる。またその廃液が公害発生の原因となる可能性が大きく、使用・廃棄条件が厳しく制限されており、費用がかかると言う欠点がある。錫は、さらに値段が高い欠点もある。

【0015】また、これらの熔融金属は比重が大きいのので、ポンプ等で循環させたり、ノズル等から吹き出させて鋼材や線材に吹付けたり、高流速で流動させることにより熱伝達率を向上させて冷却速度を上げることが難しい。このため、容器などに溜めた熔融金属に鋼材や線材を浸漬して冷却することになるので、大きな冷却速度が得られないという欠点もある。

【0016】また、液体金属ナトリウムを冷却材として用いた加熱冷却法も提案されているが、これは鋼板の連続焼鈍装置の冷却材として液体金属ナトリウムを使用するものである。従って、省エネや熱効率向上が大きな目的で、鋼板と液体金属ナトリウムの流れが、向流型の熱交換器と同じように鋼板の昇温過程で液体金属ナトリウムを冷却し、鋼板の冷却過程で液体金属ナトリウムを昇温するという温度変化パターンをとる。図7はこの温度変化パターンを示しており、図7から分かるように、このような温度変化パターンでは鋼板温度と液体金属ナトリウム温度との温度差( $\Delta T$ )を大きくとれないので、冷却速度を得にくいという欠点がある。

【0017】また、蒸気やミスト、水、蒸留水など水を基本とした冷却材は取り扱いが容易ではあるが、700℃以上の高温になっている鋼材を冷却する場合、水が鋼材表面に近づく過程で瞬時に蒸発し蒸気膜を形成する。このため、冷却能力のある液滴成分が直接鋼材表面に接しないので、除熱性能が悪くなり、大きな冷却速度が得られないという欠点がある。

【0018】また、鉛や水などを基本とした従来の冷却

6

方法では、鋼材や線材表面に酸化物などのスケールが付着し、冷却工程の後にはスケールを除去する工程が必ず必要である。さらに、このスケール付着により冷却性能が低下するという欠点もある油については、水より沸点が高く有利な点も有るが、700℃以上では水と同様に蒸気膜が形成され熱伝達率が低下するのと、公害防止の観点からその廃液処理に費用がかかると言う欠点がある。

【0019】従来は、上述した各種冷却材の長所欠点を総合的に評価し、鋼材などの冷却材としては水ジェット冷却、ミスト冷却、蒸留水冷却等、水を基本としたものが多く使われている。また、線材では鉛による冷却方法が主に使われている。

【0020】しかしながら、前述したように従来の水を基本とした冷却材では、蒸気膜の形成により冷却性能が低下するし、700℃以上の変態点近傍の冷却速度が小さいと言う欠点があり、その他の冷却材も公害防止や価格の点から使用が制約される。

【0021】一方、被熱処理材である鋼材や線材にとっては、その成分構成により若干の違いは有るが、約700℃から900℃までの間に変態点がある。そして、この変態点を通過する時の冷却速度を大きくすると、粒径や組織がより微細になり、より強度の高い、より靱性の優れた鋼材になる。

【0022】また、熔融金属の急凝固技術に関しては、水などを吹付ける方法では前述のように高温金属の周りに蒸気膜が形成され、熱伝達率が低下して急速凝固が難しいのと、回転する冷却ロール上に熔融金属を吹付けて急凝固させ、アモルファス金属を得る方法では、冷却ロールと接する片側からのみ冷却されるので大きな冷却速度が得られず、その結果厚さの薄い金属箔状の帯板や線径の小さい線材しか作れないと言う欠点があった。

【0023】本発明は、上記の事情を考慮してなされたもので、金属材料の微細化或いはアモルファス化を図り得ると共に、公害防止及び費用低減をも図り得る金属材料の処理装置及び方法を提供することを目的とする。

【0024】

【課題を解決するための手段】本発明による金属材料の処理方法は、固体状の金属材料をその変態点よりも高い温度まで加熱する加熱工程と、加熱された前記金属材料の表面に冷却用液体金属ナトリウムを接触させて、前記金属材料の表面に前記冷却用液体金属ナトリウムの蒸気膜を形成させることなく、前記金属材料の組織を微細化し得る程度の冷却速度にて、前記変態点よりも低い温度まで前記金属材料を急速冷却する冷却工程と、を備えたことを特徴とする。

【0025】また、好ましくは、前記加熱工程において、前記金属材料は700℃以上の温度まで加熱される。

7

【0026】また、好ましくは、前記冷却工程において、加熱された前記金属材料の表面に前記冷却用液体金属ナトリウムが直接吹付けられる。

【0027】また、好ましくは、前記冷却工程において、加熱された前記金属材料が、冷却槽内で循環している前記冷却用液体金属ナトリウムの中に直接浸漬される。

【0028】また、好ましくは、前記加熱工程において、前記変態点よりも高い温度の加熱用液体金属ナトリウムの中に前記金属材料が直接浸漬されて加熱される。 10

【0029】また、好ましくは、前記金属材料を前記冷却用液体金属ナトリウムで冷却する直前及び直後の両方又は一方の時点において、圧延ローラにより前記金属材料を圧延加工する。

【0030】本発明による金属材料の処理方法は、金属材料を加熱して熔融状態とし、熔融状態の前記金属材料を冷却用液体金属ナトリウムに接触させることにより、前記金属材料を急速冷却して凝固させ、これによりアモルファス状の金属材料を形成することを特徴とする。

【0031】また、好ましくは、熔融状態の前記金属材料と前記冷却用液体金属ナトリウムとの接触は、前記冷却用液体金属ナトリウムを貯えた容器の中に熔融状態の前記金属材料を連続的に流し込み、或いは連続的に供給される熔融状態の前記金属材料に対して前記冷却用液体金属ナトリウムを直接吹付けることにより行われ、これによりアモルファス状の金属材料を連続的に形成する。 20

【0032】また、好ましくは、金属材料を加熱して熔融状態とし、回転する冷却ロール上に熔融状態の前記金属材料を付与して冷却し、凝固させる金属材料の処理方法において、前記冷却ロール上で凝固する前記金属材料の上面に冷却用液体金属ナトリウムを直接吹付けて急速冷却し、これによりアモルファス状の金属材料を連続的に形成する。 30

【0033】また、好ましくは、前記冷却ロールの表面と前記冷却ロール上で凝固する前記金属材料の下面との間にも冷却用液体金属ナトリウムを直接吹付けて前記金属材料をその両面から急速冷却する。

【0034】また、好ましくは、熔融状態の前記金属材料が凝固した直後に、圧延加工して組織を微細化すると共に厚さや形状寸法を整える制御圧延を行う。 40

【0035】本発明は、連続的に供給される金属材料に対して加熱及び冷却処理を行う金属材料の処理装置において、前記金属材料をその変態点よりも高い温度まで加熱する金属材料加熱手段と、前記金属材料加熱手段により加熱された前記金属材料の表面に冷却用液体金属ナトリウムを吹付けて前記金属材料を急速冷却するナトリウム噴射手段と、前記ナトリウム噴射手段により急速冷却された後の前記金属材料を浸漬して冷却する冷却用液体金属ナトリウムを貯えた冷却槽と、前記冷却槽内の前記冷却用液体金属ナトリウムの中から引き出された前記金 50

8

属材料の表面に不活性ガスを吹付けて前記金属材料の表面に付着している前記冷却用液体金属ナトリウムを除去する不活性ガス噴出手段と、前記冷却槽内の前記冷却用液体金属ナトリウムを循環させ且つ冷却するナトリウム循環冷却手段と、前記冷却用液体金属ナトリウムを大気から隔離する不活性ガス空間と、を備えたことを特徴とする。

【0036】また、好ましくは、前記金属材料加熱手段は、前記金属材料を70℃以上に加熱する。

【0037】また、好ましくは、前記ナトリウム循環冷却手段は、前記ナトリウム噴射手段から噴射されて前記冷却槽内に流下した前記冷却用液体金属ナトリウムが前記冷却槽内において前記金属材料の移動方向に沿って同方向に流れるようにする。

【0038】また、好ましくは、前記ナトリウム循環冷却手段は、前記冷却槽内の前記冷却用液体金属ナトリウムの中から前記金属材料が引き出される位置の近傍から前記冷却用液体金属ナトリウムを前記冷却槽外に取り出し、冷却及び不純物除去を行った後、前記ナトリウム噴射手段に還流する。

【0039】また、好ましくは、前記金属材料加熱手段は、前記変態点よりも高い温度の加熱用液体金属ナトリウムを貯えた加熱槽と、前記加熱槽内の前記液体金属ナトリウムを循環させ且つ加熱するナトリウム循環加熱手段と、を有し、前記加熱槽内の前記加熱用液体金属ナトリウムに前記金属材料を直接浸漬して加熱する。

【0040】また、好ましくは、前記ナトリウム循環加熱手段は、前記加熱槽内の前記加熱用液体金属ナトリウムの中から前記金属材料が引き出される位置の近傍から前記加熱用液体金属ナトリウムを前記加熱槽外に取り出し、加熱及び不純物除去を行った後、前記金属材料が前記加熱槽内の前記加熱用液体金属ナトリウムの中に没する位置の近傍において前記加熱槽に還流する。

【0041】本発明は、連続的に供給される金属材料に対して熱間及び冷間での圧延を行う金属材料の処理装置において、前記金属材料の移動方向の上流側及び下流側にそれぞれ配置された上流側圧延ロール及び下流側圧延ロールと、前記上流側圧延ロールと前記下流側圧延ロールとの間に配置され、前記金属材料の表面に冷却用液体金属ナトリウムを吹付けて、前記金属材料をその変態点よりも高い温度から前記変態点よりも低い温度まで急速冷却するナトリウム噴射手段と、前記ナトリウム噴射手段により冷却された前記金属材料の表面に不活性ガスを吹付けて前記金属材料の表面に付着している前記冷却用液体金属ナトリウムを除去する不活性ガス噴出手段と、前記冷却用液体金属ナトリウムを大気から隔離する不活性ガス空間と、を備えたことを特徴とする。

【0042】また、好ましくは、前記ナトリウム噴射手段及び前記不活性ガス噴射手段を内包して大気空間から隔離する冷却容器をさらに有し、前記冷却容器内に前記

金属材料を搬入するためのシールロール及び前記冷却容器内から前記金属材料を搬出するためのシールロールを前記冷却容器に設ける。

【0043】また、好ましくは、前記冷却容器の下部に溜まった前記冷却用液体金属ナトリウムを前記冷却容器外に取り出し、冷却及び不純物除去を行った後に前記ナトリウム噴射手段に還流するナトリウム循環冷却手段をさらに有する。

【0044】また、好ましくは、溶融状態の金属材料を収容するルツボと、前記ルツボから流出した前記金属材料がその表面に付与される、回転する冷却ロールと、前記冷却ロール上で凝固する前記金属材料の上面に冷却用液体金属ナトリウムを直接吹付けて前記金属材料を急速冷却するナトリウム噴射手段と、前記冷却用液体金属ナトリウムを大気から隔離する不活性ガス空間と、を備える。

【0045】また、好ましくは、前記冷却ロールの表面と前記冷却ロール上で凝固する前記金属材料の下面との間に冷却用液体金属ナトリウムを直接吹付ける追加のナトリウム噴射手段を有する。

【0046】

#### 【発明の実施の形態】第1実施形態

以下、本発明の第1実施形態による金属材料の処理装置及び方法について図1を参照して説明する。なお、本実施形態では板状の金属材料を例として説明するが、本発明の適用対象は板状の金属材料に限られず、棒状又は線状等の金属材料にも適用することができる。

【0047】本実施形態による金属材料の処理装置は、連続的に供給される金属材料に対して加熱及び冷却処理を行う装置であり、図1に示したように、金属材料である鋼材1をその変態点よりも高い温度まで加熱する加熱槽（金属材料加熱手段）2を備えている。この加熱槽2は、鋼材1を700℃以上に加熱することができる。

【0048】また、本装置は、加熱槽2により加熱された鋼材1の表面に冷却用液体金属ナトリウムを吹付けて鋼材1を急速冷却する吹付けノズル（ナトリウム噴射手段）5と、この吹付けノズル5により急速冷却された後の鋼材1が浸漬され且つ移動されて冷却される冷却用液体金属ナトリウム4を貯えた冷却槽3と、を備えている。

【0049】さらに、本装置は、冷却槽3の冷却用液体金属ナトリウム4の中から引き出された鋼材1の表面に不活性ガスを吹付けて鋼材1の表面に付着している冷却用液体金属ナトリウム4を除去するガス吹付けノズル（不活性ガス噴出手段）12を有し、このガス吹付けノズル12には不活性ガス供給配管13が接続されている。

【0050】また、本装置は、冷却槽3内の冷却用液体金属ナトリウム4を循環させ且つ冷却するナトリウム循環冷却手段20を備えており、このナトリウム循環冷却

手段20は、吹付けノズル5から噴射された冷却用液体金属ナトリウム4が冷却槽3内において鋼材3の移動方向に沿って同方向に流れるように構成されている。

【0051】より具体的には、ナトリウム循環冷却手段20は、冷却槽3内で冷却された鋼材1が冷却用液体金属ナトリウム4の中から引き上げられる位置の近傍から冷却用液体金属ナトリウム4を冷却槽3外に取り出す吸い出し側配管7と、吸い出し側配管7で取り出した冷却用液体金属ナトリウム4を冷却する液体金属ナトリウム冷却器8と、冷却用液体金属ナトリウム4から不純物を除去する不純物除去装置9と、冷却及び不純物除去を行った後の冷却用液体金属ナトリウム4を吹付けノズル5に還流する吐出側配管6と、吸い出し側配管7から吐出側配管6まで冷却用液体金属ナトリウム4を循環させる循環ポンプ10とを備えている。

【0052】また、冷却槽3の内部の気相空間は窒素やアルゴンなどの不活性ガスで覆われたカバーガス空間（不活性ガス空間）11を構成しており、図示を省略した蓋によって冷却槽3は周囲の大気から隔離されている。その蓋には、外部から空気が侵入しない様にシール機構の付いた鋼材入口及び出口が設けられている。

【0053】次に、本実施形態による金属材料の処理装置によって鋼材1を加熱及び冷却処理して、鋼材1の組織を微細化する方法について説明する。

【0054】まず、鋼材1は加熱槽2で700℃以上の所定の温度まで昇温される。その後、冷却槽3に入り、吹付けノズル5から出てくる冷却された液体金属ナトリウム4が鋼材1の表面に吹付けられ、冷却される。

【0055】ここで、液体金属ナトリウム4は98℃から886℃まで液体状態にあるので、700℃以上の鋼材1と接触した場合でも、鋼材1の表面に液体金属ナトリウム4の蒸気膜が形成されることがなく、良好な熱伝達率が確保される。

【0056】また、液体金属ナトリウム冷却器8により冷却された直後の最も低い温度の液体金属ナトリウム4を、加熱槽2により加熱された直後の最も高い温度の鋼材1に吹き付けることによって、鋼材1と液体金属ナトリウム4とが最初に接触する時の両者の温度差を大きく取ることができる。

【0057】このように、最も高い温度の鋼材1を、最も低い温度の液体金属ナトリウム4によって、良好な熱伝達率の下で冷却することにより、極めて大きな冷却速度、例えば1万度/秒程度の冷却速度で300℃以下まで一気に冷却することができる。

【0058】図2は、800℃の鋼材に液体金属ナトリウム又は水を吹付けて冷却した時の鋼材表面温度の時間変化を示したグラフであり、実線は本実施形態の液体金属ナトリウムによる冷却の場合を示し、破線は従来の水による冷却の場合を示している。図2から分かるように、特に800℃から600℃位までの冷却速度に大き

【0059】また、冷却槽3内の液体金属ナトリウム4は鋼材1の移動方向と同じ方向に流れているので、鋼材1及び液体金属ナトリウム4の温度変化が、図3に実線で示した並流型熱交換パターンとなり、図3に点線で示した向流型熱交換パターンに比べて、初期接触時の両者の温度差( $\Delta T$ )を大きく取ることができる。

【0061】続いて、鋼材1は、冷却槽3中の液体金属ナトリウム4に浸漬され、所定の温度まで冷却され、カバーガス空間11に出たところで、ガス吹付けノズル12から出る不活性ガスを吹付けられる。これにより、鋼材1表面に付着した液体金属ナトリウム4が除去され、しかる後に冷却槽3から大気中へ出ていく。このように鋼材1の表面の液体金属ナトリウム4は大気中に出る前に除去されるので、液体金属ナトリウム4が大気中で燃えるようなことはない。

【0063】なお、図中の矢印(⇒)は鋼材の流れる方向を示し、矢印(→)は液体金属ナトリウムの流れる方向を示している。

【0065】また、液体金属ナトリウム4を製造する際の原料は塩であるから、比較的安価にて製造することができ、また、使用後も廃液は塩酸で中和した後は通常の排水として処理が可能であるから公害の問題がなく、さらに、液体金属ナトリウム4は活性なので、酸素や水素、炭素などの不純物を自ら取り込むため、液体金属ナ

【0066】また、本実施形態による金属材料の処理装置及び方法によれば、冷却槽3内の液体金属ナトリウム4は鋼材1の移動方向と同じ方向に流れているので、鋼材1及び液体金属ナトリウム4の温度変化が並流型熱交換パターンとなり、初期接触時の両者の温度差( $\Delta T$ )を大きく取ることが可能であり、これにより、鋼材1の微細化をより確実に達成することができる。

次に、本発明の第２実施形態による金属材料の処理装置及び方法について図４を参照して説明する。なお、上述した第１実施形態の構成要素と実質的に同一の機能を果たす構成要素には同一符号を付して説明する。また、本実施形態においては線状の金属材料を例として説明するが、本発明の適用対象は線状の金属材料に限られず、帯板材等の金属材料にも適用することができる。

【0068】図4に示したように本実施形態による金属材料の処理装置は、加熱槽（金属材料加熱手段）112と冷却槽3とを備えている。上述した第1実施形態と同様に、冷却槽3内には冷却用液体金属ナトリウム4が収容されており、この冷却用液体金属ナトリウム4は、ナトリウム循環冷却手段20によって、冷却槽3内で線材101の移動方向に沿って同方向に流される。

【0069】ナトリウム循環冷却手段20は、液体金属ナトリウム冷却器8及び不純物除去装置9、及び循環ポンプ10を備えており、液体金属ナトリウム冷却器8により冷却された直後の最も低い温度の冷却用液体金属ナトリウム4が、吹付けノズル5から線材101に向けて吹き付けられる。

【0070】冷却槽3は断面U字状を為しており、線材101の入口部及び出口部にシールロール103がそれぞれ設けられ、出口側のシールロール103には、ガス吹付けノズル12を内包する出口ガス空間（不活性ガス空間）106が接続されている。出口ガス空間106はシールロール110により大気から遮断されると共に、不活性ガスにより雰囲気ガスをコントロールされている。

【0071】出口ガス空間106の下流側には、水若しくは中和洗浄剤の入った洗浄槽107、及び処理済の線材101を巻き取る収束装置108が配置されている。

【００７２】さらに、本実施形態による金属材料の処理装置は、金属材料加熱手段としての加熱槽１１２を供えており、この加熱槽１１２は、線材１０１の変態点よりも高い温度の加熱用液体金属ナトリウム１１３を貯えている。加熱槽１１２内の加熱用液体金属ナトリウム１１３は、ナトリウム循環加熱手段１１１によって循環さ



13

れ、加熱される。

【0073】より具体的には、ナトリウム循環加熱手段 111 は、加熱槽 112 内で加熱された線材 101 が加熱用液体金属ナトリウム 113 から引き上げられる位置の近傍から加熱槽 112 外に取り出した加熱用液体金属ナトリウム 113 を加熱する液体金属ナトリウム加熱器 109 と、加熱用液体金属ナトリウム 113 から不純物を除去する不純物除去装置 9 と、加熱及び不純物除去を行った後の加熱用液体金属ナトリウム 113 を加熱槽 112 の入口側に還流する循環ポンプ 10 とを供えてい

る。

【0074】加熱槽 112 は断面 U 字状を成しており、線材 101 の入口部及び出口部にはシールロール 103 が設けられている。入口側のシールロール 103 には入口ガス空間（不活性ガス空間）104 が接続されており、この入口ガス空間 104 はシールロール 110 によって大気から遮断され、不活性ガスによって雰囲気がコントロールされている。

【0075】また、入口ガス空間 104 のシールロール 110 の上流側には、処理前の線材 101 が貯えられた捲取機 102 が配置されている。

【0076】さらに、加熱槽 112 と冷却槽 3 との間には保温槽 105 が配置されており、この保温槽 105 は、加熱槽 112 の出口及び冷却槽 3 の入口に、シールロール 103、103 を介して接続している。保温槽 105 は大気から遮断され、不活性ガスでコントロールされており、その内部を通過する線材 101 が一定温度に保たれるように不活性ガス空間の温度が制御されている。

【0077】次に、本実施形態による金属材料の処理装置によって線材 101 を加熱及び冷却処理して、線材 101 の組織を微細化する方法について説明する。

【0078】まず、捲取機 102 から出た線材 101 は入口ガス空間 104 を通り、加熱槽 112 に入り、加熱用液体金属ナトリウム 113 と直接接触して熱交換する事により所定の温度まで昇温され、しかる後に保温槽 105 に入る。保温槽 105 において線材 101 は、所定の時間にわたって一定温度に保たれる。

【0079】保温槽 105 を出た線材 101 は冷却槽 3 に入り、吹付けノズル 5 から噴出される最も低温となった冷却用液体金属ナトリウム 4 に接して急速冷却される。しかる後、線材 101 は、冷却槽 3 の液体金属ナトリウム 4 に浸漬され、所定の時間にわたって所定の温度に保たれる。

【0080】その後、線材 101 は冷却槽 3 を出て出口ガス空間 106 に入り、表面に付着した液体金属ナトリウム 4 を除去回収する為に、ガス吹付けノズル 12 から不活性ガスが吹き付けられ、表面に付着した液体金属ナトリウムが除去される。その後、出口ガス空間 106 から出た線材 101 は、さらに洗浄槽 107 に入り、こ

で洗浄された後に乾燥され、集束装置 108 により巻き取られる。

【0081】また、加熱槽 112 の液体金属ナトリウム 113 は線材 101 と熱交換し、冷却され、流出し、不純物除去装置 9、循環ポンプ 10、液体金属ナトリウム加熱器 109 を通り、所定の温度に昇温され、加熱槽 112 に入り、循環使用される。一方、冷却槽 3 の液体金属ナトリウム 4 は線材 101 から熱を奪い高温になって冷却槽 3 から出て、液体金属ナトリウム冷却器 8、不純物除去装置 9、循環ポンプ 10 を経て冷却槽 3 に戻り、循環再使用される。

【0082】また、本装置の安全性を確保する為に、液体金属ナトリウムと大気との直接接触を避けるべく、加熱槽 112 の入口側に入口ガス空間 104 を設けたので、万一加熱槽 112 から液体金属ナトリウム 113 やその蒸気が流出しても、この入口ガス空間 104 で安全に捕獲回収できる。

【0083】また、線材 101 の表面に液体金属ナトリウム 4 が付着している可能性がある加熱槽 112 の出口から冷却槽 3 の入口までは、大気を遮断して不活性ガスでコントロールされた保温槽 105 を配置している。

【0084】以上述べたように本実施形態による金属材料の処理装置及び方法によれば、上述した第 1 実施形態と同様の効果が得られると共に、加熱槽 112 内の加熱用液体金属ナトリウム 113 によって線材 101 を加熱するようにしたので、加熱部の構成を小型化することが可能であり、且つ加熱時に線材 101 の表面に酸化物等のスケールが付着することがなく、従来必要であったスケール除去装置が不要となり、さらに、短時間で線材 101 を加熱できるので生産性が向上する。

### 【0085】第 3 実施形態

次に、本発明の第 3 実施形態による金属材料の処理装置及び方法について図 5 を参照して説明する。なお、上述した第 1 及び第 2 実施形態の構成要素と実質的に同一の機能を果たす構成要素には同一符号を付して説明する。

【0086】本実施形態による金属材料の処理装置は、鋼材等の金属材料を移動させながら熱間及び冷間での圧延を行う装置であり、図 5 に示したように、金属材料 204 の移動方向の上流側には上流側圧延ロール 202a 及びその押えロール 201a が配置され、下流側には下流側圧延ロール 202b 及びその押えロール 201b が配置されている。

【0087】また、本装置は、上流側圧延ロール 202a と下流側圧延ロール 202b との間に配置され、金属材料 204 の表面に冷却用液体金属ナトリウム 4 を吹付けて金属材料 204 を急速冷却する吹付けノズル（ナトリウム噴射手段）5 と、吹付けノズル 5 により冷却された金属材料 204 の表面に不活性ガスを吹付けて金属材料 204 の表面に付着している冷却用液体金属ナトリウム 4 を除去するガス吹付けノズル（不活性ガス噴出手

15

段) 12と、を備えている。ガス吹付けノズル12には不活性ガス供給配管13が接続されている。

【0088】吹付けノズル5及びガス吹付けノズル12は、蓋205を有する冷却容器206に内包されて大気空間から隔離されている。また、冷却容器206における金属材料204の入口部及び出口部には、シールロール203a、203bがそれぞれ設けられている。

【0089】また、本装置はナトリウム循環冷却手段20を備えており、このナトリウム循環冷却手段20は、液体金属ナトリウム冷却器8、不純物除去装置9、及び循環ポンプ10を備えている。そして、ナトリウム循環冷却手段20は、冷却容器206の下部に溜まった冷却用液体金属ナトリウム4を冷却容器206外に取り出し、冷却及び不純物除去を行った後に吹付けノズル5に還流する。

【0090】次に、本実施形態による金属材料の処理装置によって金属材料204を加熱及び冷却処理して、金属材料204の組織を微細化する方法について説明する。

【0091】先ず、ホットストリップミルなど熱間で上流側圧延ロール202aにより所定の厚さまで圧延された金属材料204は、冷却槽3内のカバーガス空間11にシールロール203aを通して入り、金属材料204の上下に設けられた吹付けノズル5から吹き出る液体金属ナトリウム4により急速冷却される。

【0092】次に、同じく金属材料204の上下に設けられたガス吹付けノズル12から出る不活性ガスにより金属材料204の表面に付着した液体金属ナトリウム4が除去され、シールロール203bを通してカバーガス空間11から出て、さらに必要に応じて圧延ロール202bにより圧延され、巻き取られる。

【0093】一方、吹付けノズル5から出た液体金属ナトリウム4は冷却容器206下部に溜めるか、もしくは冷却用器206の下方にドレン配管(図示せず)で繋がれた液体金属ナトリウムダンプタンクに溜め、それから液体金属ナトリウム冷却器8で冷却され、不純物除去装置9で液体金属ナトリウム4中の酸化物、水酸化物、炭化物等の不純物を除去し、循環ポンプ10により加圧されて吹付けノズル5に送られ、循環再使用される。

【0094】以上述べたように本実施形態による金属材料の処理装置及び方法によれば、上述した第1及び第2実施形態と同様の効果が得られると共に、金属材料204を液体金属ナトリウム4で急速冷却する直前または直後に圧延ロール202a、202bにより圧延加工する事により、金属材料204の内部の結晶構造を物理的に細かくするとともに、内部に歪みエネルギーを加える事により、圧延加工後の結晶核を増やし、より微細な結晶や組織の金属材料204を形成することができる。

#### 【0095】第4実施形態

次に、本発明の第4実施形態による金属材料の処理装置

16

及び方法について図6を参照して説明する。なお、上述した第1乃至第3実施形態の構成要素と実質的に同一の機能を果たす構成要素には同一符号を付して説明する。

【0096】本実施形態による金属材料の処理装置はアモルファス金属の製造に適したものであって、図6に示したように、熔融状態の金属材料302を収容するルツボ301と、このルツボ301の出口ノズル303から流下した金属材料302がその表面に付与される、回転する冷却ロール304と、を備えている。冷却ロール304は、その上端部分を残して、冷却槽3の液体金属ナトリウム4の中に没している。

【0097】また、本装置は、冷却ロール304上で凝固する金属材料305の上面に冷却用液体金属ナトリウム4を直接吹付けて金属材料305を急速冷却する第1の吹付けノズル(第1のナトリウム噴射手段)5aと、冷却ロール304の表面と冷却ロール304上で凝固する金属材料305の下面との間に冷却用液体金属ナトリウム4を直接吹付ける第2の吹付けノズル(第2のナトリウム噴射手段)5bとを有する。

【0098】さらに、この処理装置は、冷却槽3内の冷却用液体金属ナトリウム4を循環させ且つ冷却するナトリウム循環冷却手段20を備えており、このナトリウム循環冷却手段20は、冷却用液体金属ナトリウム4を冷却槽3外に取り出す吸い出し側配管7と、吸い出し側配管7で取り出した冷却用液体金属ナトリウム4を冷却する液体金属ナトリウム冷却器8と、冷却用液体金属ナトリウム4から不純物を除去する不純物除去装置9と、冷却及び不純物除去を行った後の冷却用液体金属ナトリウム4を吹付けノズル5a、5bに還流する吐出側配管6と、吸い出し側配管7から吐出側配管6まで冷却用液体金属ナトリウム4を循環させる循環ポンプ10とを備えている。

【0099】なお、図6には図示していないが、冷却槽3には蓋が設けられ、中に入っている液体金属ナトリウム4の上部には窒素やアルゴンなどの不活性ガスでカバーガス空間11が形成され、その蓋には、外部から空気が侵入しない様に、シール機構の付いた金属材料302、305の入口と出口が設けられている。

【0100】次に、本実施形態による金属材料の処理装置によってアモルファス状の金属材料を連続的に形成する方法について説明する。

【0101】先ずルツボ301で熔融状態になった金属302は出口ノズル303から流下し、冷却ロール304に触れると同時に吹付けノズル5a、5bから噴出する液体金属ナトリウム4により急速冷却されて凝固し、冷却ロール304の回転と共に、冷却槽3内に満たされた液体金属ナトリウム4中に入り、所定の温度まで冷却され、冷却槽3外に搬出される。

【0102】冷却槽3内の液体金属ナトリウム4は吸い出し側配管7を通して液体金属ナトリウム冷却器8に送

17

られて冷却され、更に不純物除去装置 9 で不純物が除去され、循環ポンプ 10 により加圧され、吹付けノズル 5 a、5 b に送られ、循環使用される。

【0103】以上述べたように本実施形態による金属材料の処理装置及び方法によれば、熔融状態の金属材料 302 を冷却ロール 304 上に流下すると共に、冷却ロール 304 上で凝固する金属材料 305 の両面から冷却用液体金属ナトリウム 4 を直接吹き付けて冷却するようにしたので、金属材料 302 の冷却に際して除熱性能を劣化させる蒸気膜が金属材料表面に形成されることがなく、また、スケールの付着もなく、しかも安価で、使用後の廃液回収や処理が容易である。

【0104】そして、従来の方法では得られないような、より厚い帯板状又は線状のアモルファス金属を連続的に形成したり、より微細な結晶や組織の金属材料を連続的に形成することができる。

【0105】本実施形態の一変形例としては、凝固した金属材料 305 に対して、圧延加工して組織を微細化すると共に厚さや形状寸法を整える制御圧延を行うようにすることもできる。

【0106】本変形例によれば、凝固した金属材料内部の結晶構造を物理的に細かくすると共に、内部に歪みエネルギーを加えることにより、圧延後の結晶核を増やし、より微細な結晶や組織で、かつ厚さや形状寸法の整った金属材料を得ることができる。

#### 【0107】第 5 実施形態

次に、本発明の第 5 実施形態による金属材料の処理方法について説明する。本実施形態による金属材料の処理方法は、熔融状態の金属材料を冷却用液体金属ナトリウムに接触させることにより、金属材料を急速冷却して凝固させてアモルファス状の金属材料を形成することを特徴とする。

【0108】そして、熔融状態の金属材料と冷却用液体金属ナトリウムとの接触は、冷却用液体金属ナトリウムを貯えた容器の中に熔融状態の金属材料を流し込んだり、或いは熔融状態の金属材料に対して冷却用液体金属ナトリウムを直接吹付けたりすることにより行われる。

【0109】本実施形態による金属材料の処理方法によれば、冷却材として液体金属ナトリウムを使用することにより、金属材料の冷却に際して除熱性能を劣化させる蒸気膜が金属材料表面に形成されることがなく、また、スケールの付着もなく、しかも安価で、使用後の廃液回収や処理が容易である。そして、上述した第 4 実施形態と同様に、アモルファス状の金属材料やより微細な結晶や組織の金属材料を連続的に形成することができる。

#### 【0110】

【発明の効果】以上述べたように本発明による金属材料の処理方法及び装置によれば、変態点よりも高い温度の金属材料に液体金属ナトリウムを接触させて変態点よりも低い温度まで急速に冷却することによって、極めて微

18

細な組織を有する金属材料を形成することができる。

【0111】また、本発明による金属材料の処理方法及び装置によれば、熔融状態の金属材料に液体金属ナトリウムを接触させて急速冷却し、凝固させることによって、アモルファス状の金属材料を連続的に形成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 実施形態による金属材料の処理装置の概略構成を示した斜視図。

【図 2】800℃の鋼材に液体金属ナトリウム又は水を吹付けて冷却した時の鋼材表面温度の時間変化を示したグラフ。

【図 3】高温流体と低温流体が並んで同方向に流れて熱交換する並流型と、向かい合う方向に流れて熱交換する交流型との熱交換器の流体温度変化パターンを示したグラフ。

【図 4】本発明の第 2 実施形態による金属材料の処理装置の概略構成を示した図。

【図 5】本発明の第 3 実施形態による金属材料の処理装置の概略構成を示した図。

【図 6】本発明の第 4 実施形態による金属材料の処理装置の概略構成を示した図。

【図 7】鋼板を加熱冷却する連続焼鈍装置に液体金属ナトリウムを適用した時の鋼板温度と液体金属ナトリウム温度の温度変化パターンを示したグラフ。

#### 【符号の説明】

- 1 鋼材
- 2 加熱槽（金属材料加熱手段）
- 3 冷却槽
- 4 冷却用液体金属ナトリウム
- 5、5 a、5 b 吹付けノズル（ナトリウム噴射手段）
- 8 液体金属ナトリウム冷却器
- 10 循環ポンプ
- 11 カバーガス空間（不活性ガス空間）
- 12 ガス吹付けノズル（不活性ガス噴出手段）
- 13 不活性ガス供給系
- 20 ナトリウム循環冷却手段
- 101 線材
- 103、110、203 a、203 b シールロール
- 104 入口ガス空間（不活性ガス空間）
- 105 保温槽
- 106 出口ガス空間（不活性ガス空間）
- 109 液体金属ナトリウム加熱器
- 111 ナトリウム循環加熱手段
- 112 加熱槽（金属材料加熱手段）
- 113 加熱用液体金属ナトリウム
- 201 a、201 b 押さえロール
- 202 a、202 b 圧延ロール
- 204、305 金属材料
- 206 冷却用器

19

20

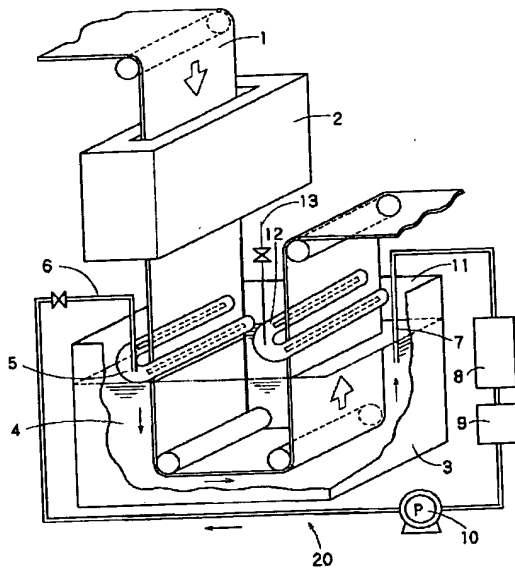
301 ルツボ

302 熔融状態の金属材料

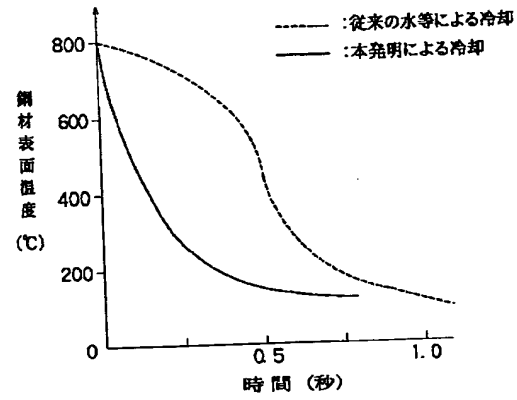
\* 304 冷却ロール

\*

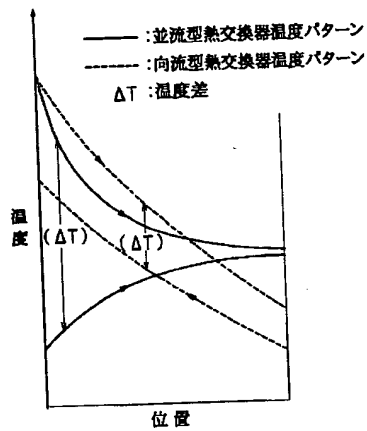
【図1】



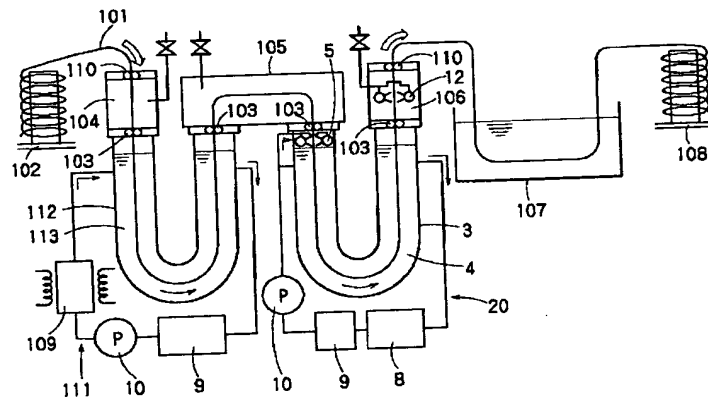
【図2】



【図3】



【図4】



【図5】

